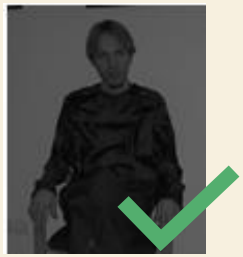
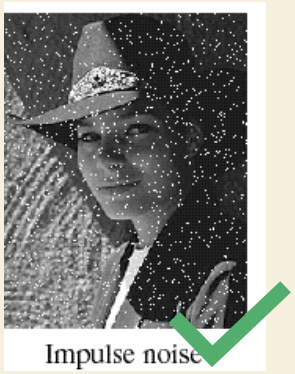
ЭЛЕМЕНТЫ ТЕХНИЧЕСКОГО ЗРЕНИЯ

ФИЛЬТРАЦИЯ В ЧАСТОТНОЙ ОБЛАСТИ

ИЗОБРАЖЕНИЕ: ЧТО МОЖЕТ ПОЛУЧИТЬСЯ ПЛОХО?





ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ФУРЬЕ

- Преобразование Фурье – интегральное преобразование вида

$$\hat{f}(\omega) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{\infty} f(x) e^{-i\omega x} dx\,, \qquad f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{\infty} f(\omega) e^{i\omega x} d\omega$$

- Разложение сигнала на частоты и амплитуды, то есть переход от временного пространства в частотное
- Для многомерного случая

$$\hat{f}(\vec{\omega}) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{\mathbb{R}^n} f(\vec{r}) e^{-i\vec{\omega}\vec{r}} d\vec{r}, \qquad f(\vec{x}) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{\mathbb{R}^n} f(\vec{\omega}) e^{i\vec{\omega}\vec{r}} d\vec{\omega}$$

ДИСКРЕТНОЕ ПРЕОБРАЗОВАНИЕ

- Аналогично непрерывному, но вместо интеграла – сумма

$$X_k = \sum_{n=0}^{N-1} x_n e^{-\frac{2\pi i}{N} kn}, \qquad x_n = \frac{1}{N} \sum_{k=0}^{N-1} X_k e^{\frac{2\pi i}{N} kn}$$

- Если для непрерывного преобразования частоты непрерывны, а их количество бесконечно, здесь их всего N
- Обычно используется быстрое преобразование Фурье (FFT)
- Количество вычислений порядка $O(n \cdot \log(n))$

ДЛЯ ЧЕГО?

- В пространстве Фурье свёртка превращается в умножение- быстрее считаем
- Переход в частотную область – фильтры высоких и низких частот
- Фильтр низких частот – те фильтры, что мы уже рассматривали

НЕРАВНОМЕРНАЯ ПОДСВЕТКА

- Предположим, что у нас есть система из камеры и подсветки
- Подсветка приводит к неравномерной освещённости кадра
- В движении освещённость меняется
- Как этот эффект устранить?

ФИЛЬТР ВЫСОКИХ ЧАСТОТ

- Мы можем попробовать представить изображение как комбинацию распределения освещённости от подсветки и «собственной» яркости
- При этом можно рассматривать освещённость как гармоники с низкой частотой
- К сожалению, комбинация не аддитивная, а мультипликативная
- Но превращается в аддитивную при логарифмировании!

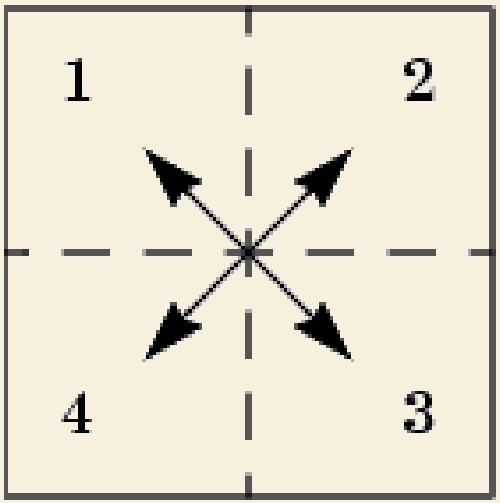
```cpp
#include <opencv2/imgcodecs.hpp>
#include <opencv2/imgproc.hpp>
#include <opencv2/highgui.hpp>

using namespace cv;
using namespace std;


void CalcFFT(Mat input, Mat &complex);
void CalcIFFT(Mat complex, Mat &output);
void fftshift(const Mat& inputImg, Mat& outputImg);
Mat MakeHPF(Size size, int D, int n, float high_h_v_TB, float low_h_v_TB);

int main()
{
    Mat imgIn = imread("Picture1.png", IMREAD_COLOR);
    if (imgIn.empty()) //check whether the image is loaded or not
    {
        cout << "ERROR : Image cannot be loaded..!!" << endl;
        return -1;
    }
    cvtColor(imgIn, imgIn, CV_BGR2GRAY);
    imshow("Original", imgIn);

    int high_h_v_TB = 120;
    int low_h_v_TB = 80;
    int D = 10;// radius of band pass filter parameter
    int order = 2;

    Mat imgMagn, imgPhase, imgOut, imgComplex;
    CalcFFT(imgIn, imgComplex);
    fftshift(imgComplex, imgComplex);
    Mat filter = MakeHPF(imgComplex.size(), D, order, high_h_v_TB, low_h_v_TB);
    mulSpectrums(imgComplex,filter, imgComplex, 0);
    fftshift(imgComplex, imgComplex);
    CalcIFFT(imgComplex,  imgOut);

    Rect roi(0,0, imgIn.cols-10, imgIn.rows-10);
    imgOut = imgOut(roi);
    normalize(imgOut,imgOut,0,1,NORM_MINMAX);

    imshow("After", imgOut);

    waitKey(0);
    return 0;
}
```

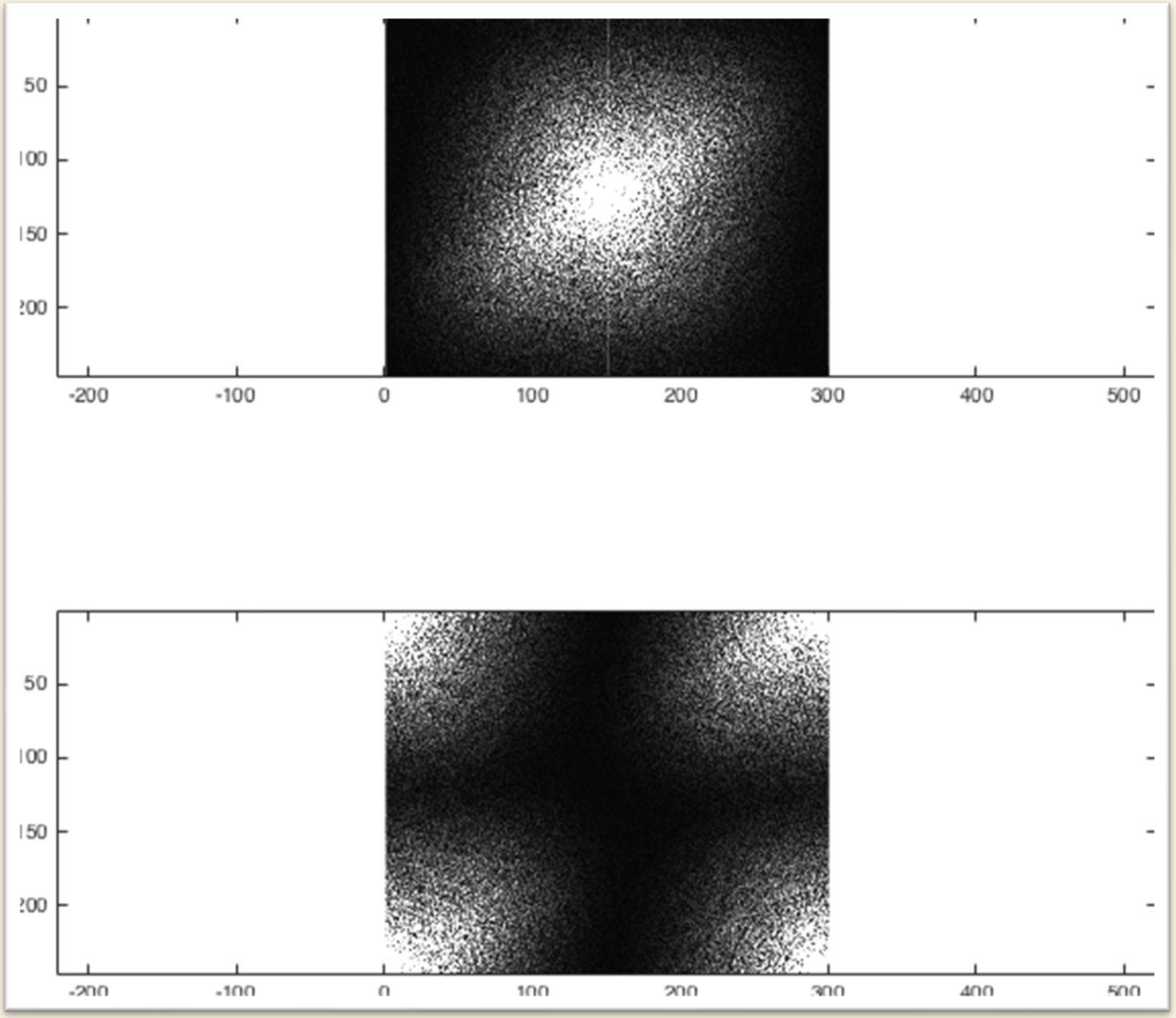
ПРЯМОЕ И ОБРАТНОЕ ПРЕОБРАЗОВАНИЕ ФУРЬЕ

```
void CalcFFT(Mat input, Mat &complex)
{
    int padRows = getOptimalDFTSize(input.rows);
    int padCols = getOptimalDFTSize(input.cols);
    //  Преобразование Фурье эффективно считается не дял всех размеров
    Mat imgIn, padded, imgComplex;
    input.convertTo(imgIn, CV_32F);
    imgIn +=1;      //  Чтобы мои значения были больше 1
    log(imgIn, imgIn);  //  логарифмирование - вместо умножения получили сложение
    copyMakeBorder(imgIn, padded, 0, padRows - imgIn.rows, 0, padCols - imgIn.cols, BORDER_CONSTANT);

    Mat planes [] = {Mat_<float>(padded), Mat::zeros(padded.size(), CV_32F)};
    merge(planes, 2, imgComplex);
    dft(imgComplex, complex, DFT_SCALE);
}

void CalcIFFT(Mat complex,  Mat &output)
{
    dft(complex, output, DFT_INVERSE | DFT_REAL_OUTPUT);
    exp(output,output); //  мы до этого в логарифмическом масштабе работали
}
```

FFT_SHIFT – ЗАЧЕМ?

- Получающееся изображение в не очень удобном для нас виде – ноль в нижнем левом углу
- А мы привыкли, чтобы ноль был в центре
- Поэтому чуть-чуть меняем изображение




50
100
150
200
-200
-100
0
100
200
300
400
500
50
100
150
200
-200
-100
0
100
200
300
400
500

```
void fftshift(const Mat& inputImg, Mat& outputImg)
{
    outputImg = inputImg.clone();
    int cx = outputImg.cols / 2;
    int cy = outputImg.rows / 2;
    Mat q0(outputImg, Rect(0, 0, cx, cy));
    Mat q1(outputImg, Rect(cx, 0, cx, cy));
    Mat q2(outputImg, Rect(0, cy, cx, cy));
    Mat q3(outputImg, Rect(cx, cy, cx, cy));
    Mat tmp;
    q0.copyTo(tmp);
    q3.copyTo(q0);
    tmp.copyTo(q3);
    q1.copyTo(tmp);
    q2.copyTo(q1);
    tmp.copyTo(q2);
}
```

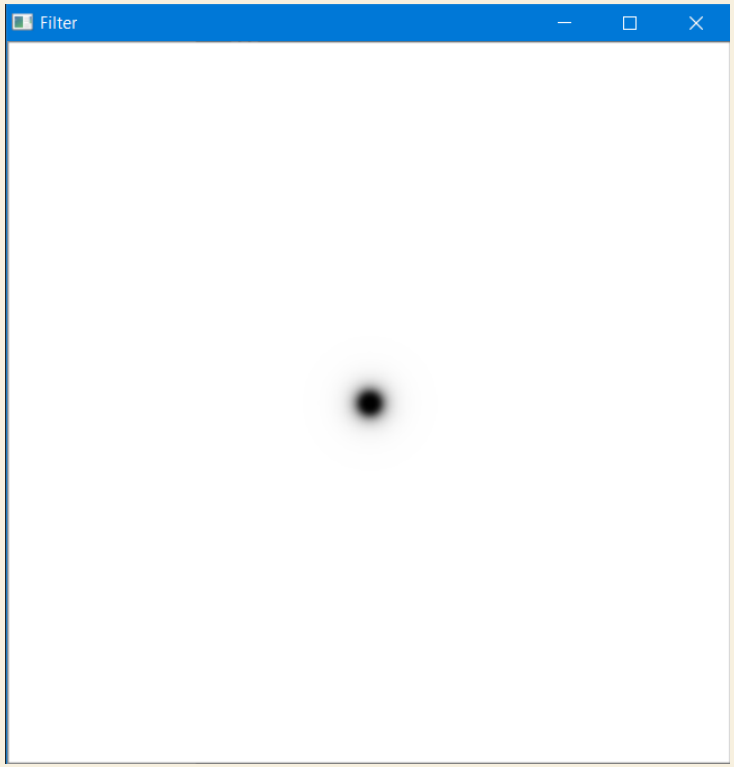
В КОДЕ

ФИЛЬТР

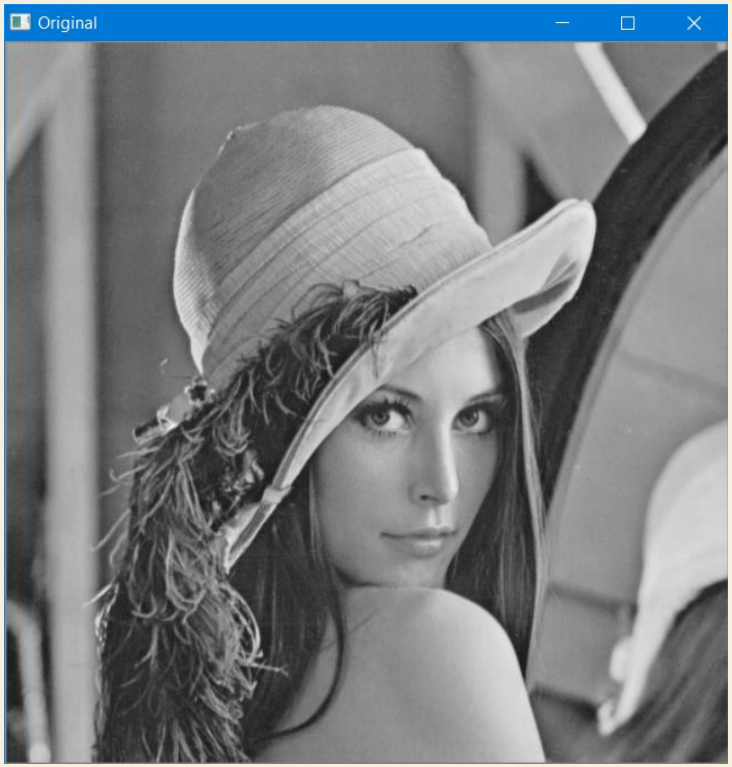
```
Mat MakeHPF(Size size, int D, int n, float high_h_v_TB, float low_h_v_TB)
{
    Mat filter(size, CV_32F);
    Point centre = Point(filter.rows/2, filter.cols/2);
    double radius;
    float upper = (high_h_v_TB * 0.01);
    float lower = (low_h_v_TB * 0.01);

    for(int i = 0; i < filter.rows; i++)
    {
        for(int j = 0; j < filter.cols; j++)
        {
            radius = (double) sqrt(pow((i - centre.x), 2.0) + pow((double) (j - centre.y), 2.0));
            filter.at<float>(i,j) =\
                   ((upper - lower) * (1/(1 + pow((double) (D/radius), (double) (2*n))))) + lower;
        }
    }
    Mat planes[2] = { Mat_<float>(filter.clone()), Mat::zeros(filter.size(), CV_32F) };
    merge(planes,2,filter);
    normalize(planes[0], planes[0], 0, 1, NORM_MINMAX);
    imshow("Filter", planes[0]);
    return filter;
}
```

КАК ОН ВЫГЛЯДИТ

- Представление в частотной области
- В центре у нас значение нижнего порога
- При перемножении спектров фильтр обрезает низкие частоты (сосредоточены в центре)



ЧТО ПОЛУЧАЕТСЯ



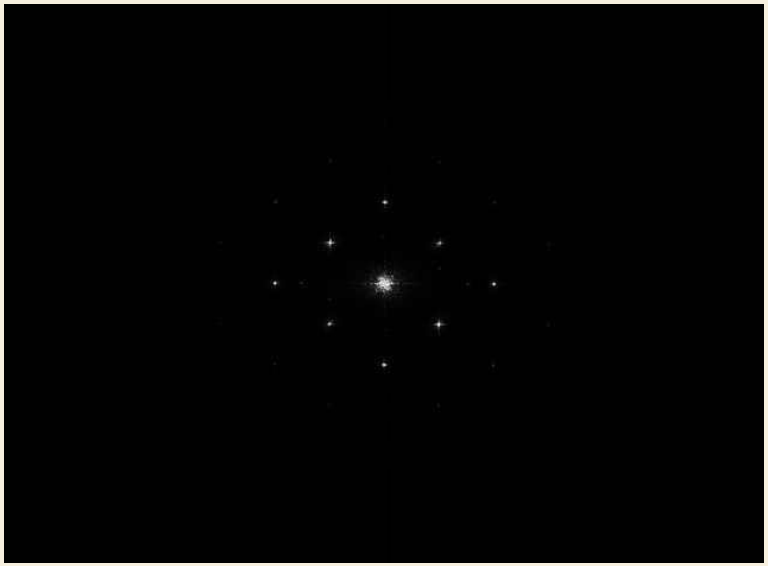
И ЕЩЁ

ФИЛЬТР ПЕРИОДИЧЕСКИХ ПОМЕХ

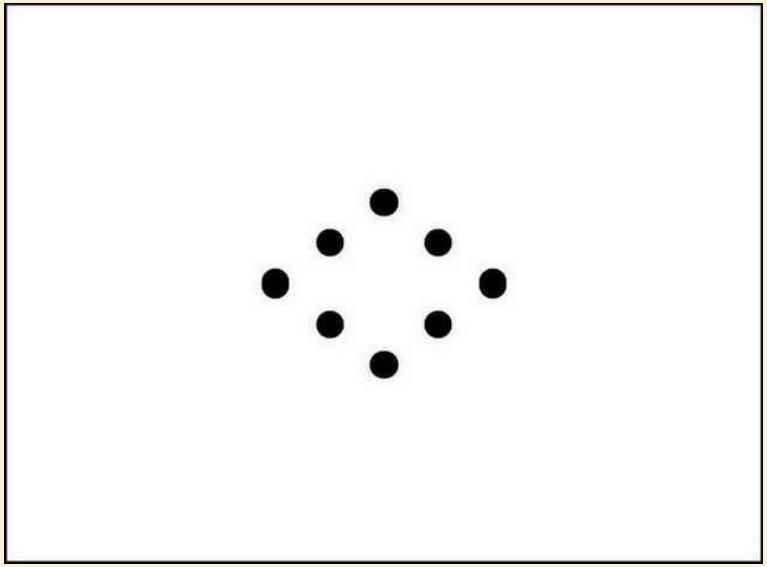
- Идея та же самая
- Периодическая помеха – помеха с определённой частотой
- Значит она будет локализована в пространстве Фурье

В ЧАСТОТНОЙ ОБЛАСТИ

ИЗОБРАЖЕНИЕ



ФИЛЬТР



СОЗДАНИЕ ФИЛЬТРА…

```
void synthesizeFilterH(Mat& inputOutput_H, Point center, int radius)
{
    Point c2 = center, c3 = center, c4 = center;
    c2.y = inputOutput_H.rows - center.y;
    c3.x = inputOutput_H.cols - center.x;
    c4 = Point(c3.x,c2.y);
    circle(inputOutput_H, center, radius, 0, -1, 8);
    circle(inputOutput_H, c2, radius, 0, -1, 8);
    circle(inputOutput_H, c3, radius, 0, -1, 8);
    circle(inputOutput_H, c4, radius, 0, -1, 8);
}
```

…И ЕГО ПРИМЕНЕНИЕ

```
Rect roi = Rect(0, 0, imgIn.cols & -2, imgIn.rows & -2);
Mat H = Mat(roi.size(), CV_32F, Scalar(1));
const int r = 21;
synthesizeFilterH(H, Point(705, 458), r);
synthesizeFilterH(H, Point(850, 391), r);
synthesizeFilterH(H, Point(993, 325), r);
```

РЕЗУЛЬТАТ

УСТРАНЕНИЕ РАЗМЫТИЯ

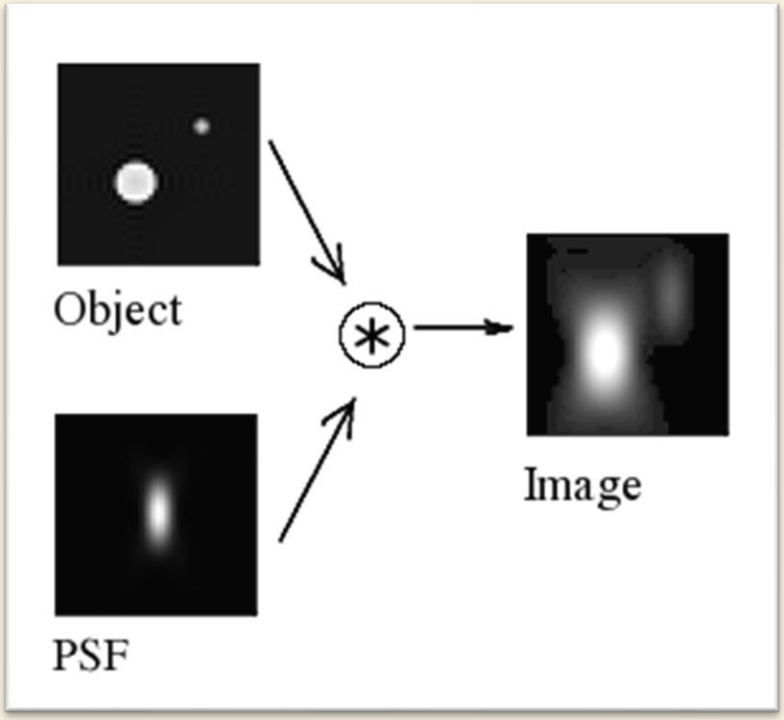
- Мы снова попробуем применять преобразование Фурье
- Для этого нам нужна модель размытия
- В частотном диапазоне:

$$S = H \cdot U + N$$

- Здесь
  - S – результирующее изображение
  - U – исходное изображение
  - N – аддитивный шум
  - H – функция рассеяния точки

ФУНКЦИЯ РАССЕЯНИЯ ТОЧКИ

- Point spread function (PSF)
- Показывает, во что превращается точка при размытии
- Зависит от условий съёмки



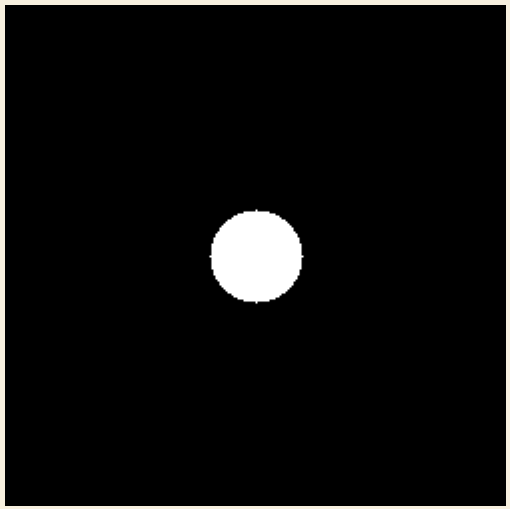
ЧАСТНЫЙ СЛУЧАЙ

- Если мы знаем PSF, то можем найти изображение

$$U = H_\omega S$$

- Примем простейшую PSF в виде круга
- Тогда фильтр можно составить в виде

$$H_\omega = \frac{H}{H^2 + \frac{1}{SNR}}$$



ПРИМЕНЕНИЕ

```
Rect roi = Rect(0, 0, imgIn.cols & -2, imgIn.rows & -2);
//Hw calculation (start)
Mat Hw, h;
calcPSF(h, roi.size(), R);
calcWnrFilter(h, Hw, 1.0 / double(snr));
//Hw calculation (stop)
filter2DFreq(imgIn(roi), imgOut, Hw);
```

PSF

- Просто рисуем кружок

```
void calcPSF(Mat& outputImg, Size filterSize, int R)
{
    Mat h(filterSize, CV_32F, Scalar(0));
    Point point(filterSize.width / 2, filterSize.height / 2);
    circle(h, point, R, 255, -1, 8);
    Scalar summa = sum(h);
    outputImg = h / summa[0];
}
```

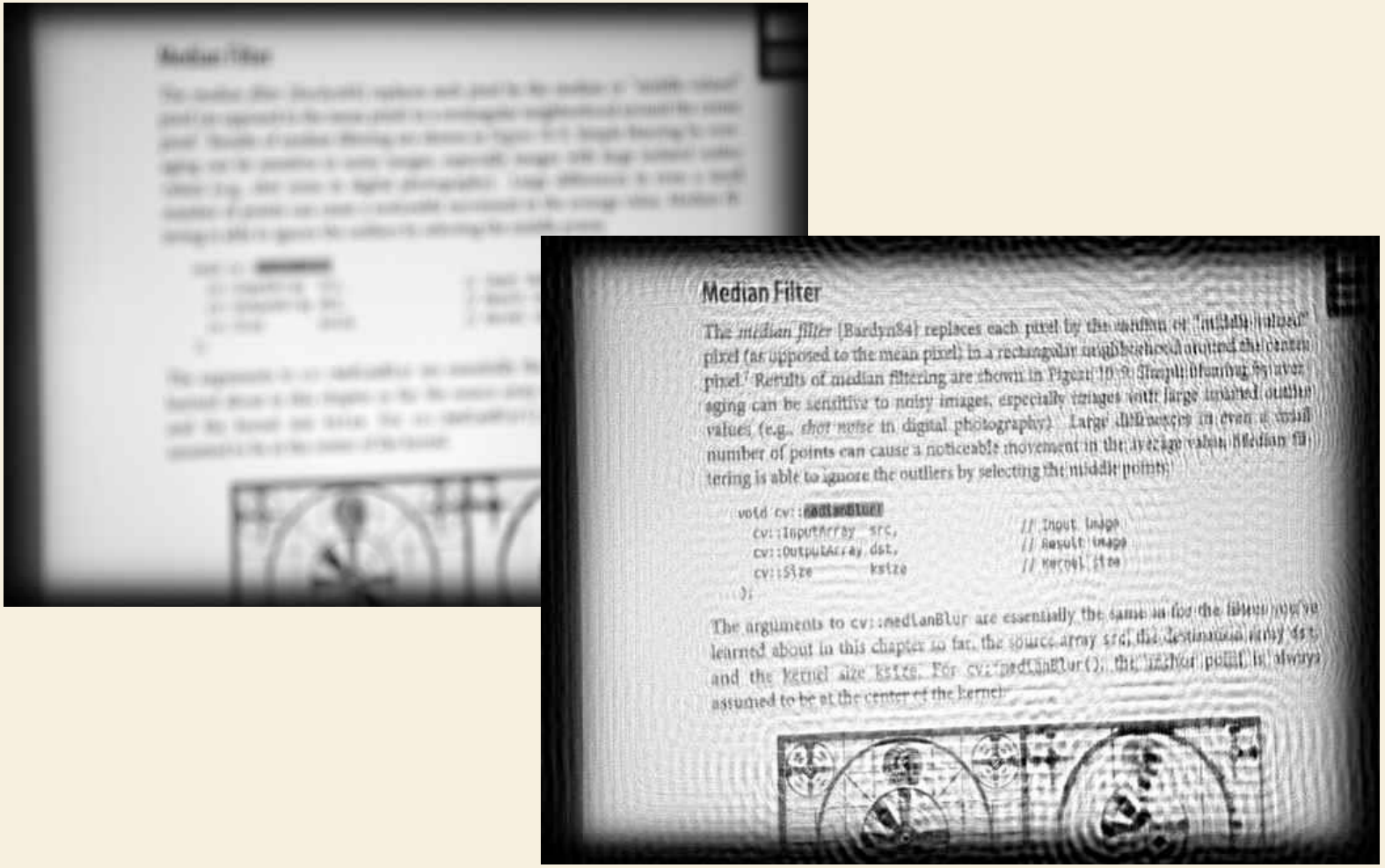
СОЗДАНИЕ ФИЛЬТРА

```
void calcWnrFilter(const Mat& input_h_PSF, Mat& output_G, double nsr)
{
    Mat h_PSF_shifted;
    fftshift(input_h_PSF, h_PSF_shifted);
    Mat planes[2] = { Mat_<float>(h_PSF_shifted.clone()), Mat::zeros(h_PSF_shifted.size(), CV_32F) };
    Mat complexI;
    merge(planes, 2, complexI);
    dft(complexI, complexI);
    split(complexI, planes);
    Mat denom;
    pow(abs(planes[0]), 2, denom);
    denom += nsr;
    divide(planes[0], denom, output_G);
}
```

ФИЛЬТРАЦИЯ

```
void filter2DFreq(const Mat& inputImg, Mat& outputImg, const Mat& H)
{
    Mat planes[2] = { Mat_<float>(inputImg.clone()), Mat::zeros(inputImg.size(), CV_32F) };
    Mat complexI;
    merge(planes, 2, complexI);
    dft(complexI, complexI, DFT_SCALE);

    Mat planesH[2] = { Mat_<float>(H.clone()), Mat::zeros(H.size(), CV_32F) };
    Mat complexH;
    merge(planesH, 2, complexH);
    Mat complexIH;
    mulSpectrums(complexI, complexH, complexIH, 0);

    idft(complexIH, complexIH);
    split(complexIH, planes);
    outputImg = planes[0];
}
```

РЕЗУЛЬТАТ


Median Filter
The median filter [Bardyn84] replaces each pixel by the median or "middle-valued" pixel (as opposed to the mean pixel) in a rectangular neighborhood around the center pixel. Results of median filtering are shown in Figure 10-9. Simple blurring by averaging can be sensitive to noisy images, especially images with large isolated outlier values (e.g., shot noise in digital photography). Large differences in even a small number of points can cause a noticeable movement in the average value. Median filtering is able to ignore the outliers by selecting the middle points:
void cv::medianBlur(
cv::InputArray src,
cv::OutputArray dst,
cv::Size ksize
);
// Input image
// Result image
// Kernel size
The arguments to cv::medianBlur are essentially the same as for the blurs we've learned about in this chapter so far, the source array src, the destination array dst, and the kernel size ksize. For cv::medianBlur(), the anchor point is always assumed to be at the center of the kernel.